



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114374218 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 19

(21) 申请号 202111531975.3

(22) 申请日 2021.12.14

(71) 申请人 中国华能集团清洁能源技术研究院  
有限公司

地址 102209 北京市昌平区北七家镇未来  
科技城南区华能人才创新创业基地实  
验楼A楼

(72) 发明人 孙栩 郭小江 申旭辉 赵瑞斌  
李春华 付明志 秦猛 奚嘉雯

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11201

代理人 黄焱琳

(51) Int. Cl.

H02J 3/36 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种大容量海上柔性直流输电系统

(57) 摘要

本申请提供了一种大容量海上柔性直流输电系统,该系统包括:海上风力发电机组、海上换流站以及陆上换流站,其中,所述海上风力发电机组通过交流海缆与所述海上换流站连接,且所述海上换流站通过直流海缆与所述陆上换流站连接。本申请能够使海上风力发电机组直接与海上换流站相连,且海上换流站与陆上换流站相连,以实现电能的传输,无需布置交流升压站及其交流升压站对应的平台,在确保输电系统可靠性的基础上,降低输电系统的成本、提高输电系统的经济性。



1. 一种大容量海上柔性直流输电系统,其特征在于,包括:  
海上风力发电机组、海上换流站以及陆上换流站,其中,所述海上风力发电机组通过交流海缆与所述海上换流站连接,且所述海上换流站通过直流海缆与所述陆上换流站连接。
2. 根据权利要求1所述的输电系统,其特征在于,所述海上换流站包括第一交流场和第一直流场,所述陆上换流站包括第二交流场和第二直流场。
3. 根据权利要求2所述的输电系统,其特征在于,所述海上风力发电机组通过所述交流海缆将电能传输至所述第一交流场,以由所述第一直流场将换流后的电能传输至所述第二直流场,并由所述陆上换流站对所述换流后的电能进行换流。
4. 根据权利要求1所述的输电系统,其特征在于,所述海上风力发电机组包括至少一个海上风力发电机,且每个所述海上风力发电机通过对应的目标交流海缆与所述海上换流站连接。
5. 根据权利要求4所述的输电系统,其特征在于,每个所述海上风力发电机的出口电压均为目标出口电压,且所述目标交流海缆的交流电压与所述目标出口电压一致。
6. 根据权利要求5所述的输电系统,其特征在于,所述目标出口电压为66kV。
7. 根据权利要求5或6所述的输电系统,其特征在于,所述海上换流站的网侧变压器对应的网侧电压与所述目标出口电压一致。
8. 根据权利要求5或6所述的输电系统,其特征在于,所述海上换流站包括海上换流站交流场,其中,所述海上换流站交流场的交流场电压与所述目标出口电压一致。
9. 根据权利要求8所述的输电系统,其特征在于,所述海上换流站交流场的主接线方式采用双母线四分段式接线方式。
10. 根据权利要求9所述的输电系统,其特征在于,所述海上换流站交流场的所述主接线方式中的每个母线均采用多母线并联的GIS形式。

## 一种大容量海上柔性直流输电系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力技术领域,特别涉及一种大容量海上柔性直流输电系统。

### 背景技术

[0002] 目前,风电机组在发电方面得到了广泛的应用,其中,柔性直流输电是远海风电开发的首选技术手段。然而,现阶段,大规模远海风电基地经柔性直流输电工程外送的输电方式尚处于起步阶段,相关技术中,往往会沿用陆上工程经验。这样一来,往往会存在输电系统的建造成本以及后期维护成本极高的问题。

[0003] 因此,如何在确保输电系统可靠性的基础上,降低输电系统的成本、提高输电系统的经济性,已成为了亟待解决的问题。

### 发明内容

[0004] 本申请提供了一种大容量海上柔性直流输电系统,用于在确保输电系统可靠性的基础上,降低输电系统的成本、提高输电系统的经济性。

[0005] 根据本申请的第一方面,提供了一种大容量海上柔性直流输电系统,包括:海上风力发电机组、海上换流站以及陆上换流站,其中,所述海上风力发电机组通过交流海缆与所述海上换流站连接,且所述海上换流站通过直流海缆与所述陆上换流站连接。

[0006] 另外,根据本申请上述实施例的一种大容量海上柔性直流输电系统,还可以具有如下附加的技术特征:

[0007] 根据本申请的一个实施例,所述海上换流站包括第一交流场和第一直流场,所述陆上换流站包括第二交流场和第二直流场。

[0008] 根据本申请的一个实施例,所述海上风力发电机组通过所述交流海缆将电能传输至所述第一交流场,以由所述第一直流场将换流后的电能传输至所述第二直流场,并由所述陆上换流站对所述换流后的电能进行换流。

[0009] 根据本申请的一个实施例,所述海上风力发电机组包括至少一个海上风力发电机,且每个所述海上风力发电机通过对应的目标交流海缆与所述海上换流站连接。

[0010] 根据本申请的一个实施例,每个所述海上风力发电机的出口电压均为目标出口电压,且所述目标交流海缆的交流电压与所述目标出口电压一致。

[0011] 根据本申请的一个实施例,所述目标出口电压为66kV。

[0012] 根据本申请的一个实施例,所述海上换流站的网侧变压器对应的网侧电压与所述目标出口电压一致。

[0013] 根据本申请的一个实施例,所述海上换流站包括海上换流站交流场,其中,所述海上换流站交流场的交流场电压与所述目标出口电压一致。

[0014] 根据本申请的一个实施例,所述海上换流站交流场的主接线方式采用双母线四分段式接线方式。

[0015] 根据本申请的一个实施例,所述海上换流站交流场的所述主接线方式中的每个母

线均采用多母线并联的GIS形式。

[0016] 本申请实施例提供的技术方案至少包括如下有益效果：

[0017] 本申请提供了一种大容量海上柔性直流输电系统，能够使海上风力发电机组直接与海上换流站相连，且海上换流站与陆上换流站相连，以实现电能的传输，无需布置交流升压站及其交流升压站对应的平台，在确保输电系统可靠性的基础上，降低输电系统的成本、提高输电系统的经济性。

[0018] 应当理解，本部分所描述的内容并非旨在标识本申请的实施例的关键或重要特征，也不用于限制本申请的范围。本申请的其它特征将通过以下的说明书而变得容易理解。

### 附图说明

[0019] 附图用于更好地理解本方案，不构成对本申请的限定。其中：

[0020] 图1为本申请实施例提供的一种大容量海上柔性直流输电系统的示意图；

[0021] 图2为一种海上换流站和海上风力发电机组风电机组连接方式的示意图；

[0022] 图3为本申请实施例提供的一种海上换流站和陆上换流站的示意图；

[0023] 图4为本申请实施例提供的另一种大容量海上柔性直流输电系统的示意图；

[0024] 图5为本申请实施例提供的另一种大容量海上柔性直流输电系统的示意图；

[0025] 图6为一种双母线四分段式接线方式的示意图；

[0026] 图7为一种输电系统的示意图；

[0027] 图8为另一种输电系统的示意图。

### 具体实施方式

[0028] 以下结合附图对本申请的示范性实施例做出说明，其中包括本申请实施例的各种细节以助于理解，应当将它们认为仅仅是示范性的。因此，本领域普通技术人员应当认识到，可以对这里描述的实施例做出各种改变和修改，而不会背离本申请的范围和精神。同样，为了清楚和简明，以下的描述中省略了对公知功能和结构的描述。

[0029] 下面采用实施例对本申请的大容量海上柔性直流输电系统进行详细说明。

[0030] 图1为本申请实施例提供的大容量海上柔性直流输电系统的示意图。

[0031] 如图1所示，本实施例提出的大容量海上柔性直流输电系统1000，包括：海上风力发电机组100、海上换流站200以及陆上换流站300。

[0032] 其中，海上风力发电机组100，通过交流海缆与海上换流站200连接，且海上换流站200通过直流海缆与陆上换流站300连接。

[0033] 本申请实施例中，海上风力发电机组100，用于产生电能，并将电能通过交流海缆传输至海上换流站200，海上换流站200在接收到海上风力发电机组100产生的电能后，可以对电能进行换流，并将换流后的电能通过直流海缆传输至陆上换流站300。

[0034] 进一步地，可以通过陆上换流站300再次对换流后的电能进行换流，以对其他下游设备或者设备组进行电能传输。

[0035] 需要说明的是，本申请中对于交流海缆以及直流海缆的具体选型不作限定，可以根据实际情况进行选取。

[0036] 可选地，可以获取海上风力发电机组100对应的出口电压，并根据出口电压选取匹

配的交流海缆以及直流海缆。

[0037] 需要说明的是,相关技术中,往往沿用陆上工程经验,采用35kV与220kV的两级升压的交流汇集输电系统。这样一来,往往需要建设多个设置于海上的交流升压站及其交流升压站对应的平台,进一步地,需要布设大量对应的海缆用于将交流升压站与海上换流站200和海上风力发电机组100连接。

[0038] 举例而言,如图2所示,海上换流站200和海上风力发电机组100之间建立了N个交流升压站,且N个交流升压站还配备有对应的平台(图中未示出),以及至少N条进行连接的交流海缆,极大增加了输电系统的建造成本及运维成本。

[0039] 由此,本申请提出一种大容量海上柔性直流输电系统(以下简称输电系统)1000,能够使海上风力发电机组100直接与海上换流站200相连,且海上换流站200与陆上换流站300相连,以实现电能的传输,无需布置交流升压站及其交流升压站对应的平台,在确保输电系统可靠性的基础上,降低输电系统的建造成本、运维成本、提高输电系统的经济性。

[0040] 在一些实施例中,如图3所示,海上换流站200包括第一交流场1和第一直流场2,陆上换流站300包括第二交流场3和第二直流场4。

[0041] 此种情况下,海上风力发电机组100,可以通过交流海缆将电能传输至第一交流场1,以由第一直流场2将换流后的电能传输至第二直流场4,并由陆上换流站300对换流后的电能进行换流,进而由第二交流场3对其他下游设备或者设备组进行电能传输。

[0042] 由此,本申请提出一种大容量海上柔性直流输电系统(以下简称输电系统)1000,能够通过均包括直流场和交流场的两个换流站,实现对海上风力发电机组产生的电能的利用。

[0043] 在一些实施例中,如图4所示,海上风力发电机组100,包括:至少一个海上风力发电机5,且每个海上风力发电机5通过对应的目标交流海缆与海上换流站200连接。

[0044] 需要说明的是,本申请中对于每个目标交流海缆所连接的海上风力发电机的个数不作限定,可以根据实际情况进行设定。例如,可以设定每个目标交流海缆与一个海上风力发电机连接,即,每个目标交流海缆承载一个海上风力发电机;又例如,可以设定每个目标交流海缆与两个海上风力发电机连接,即,每个目标交流海缆承载两个海上风力发电机。

[0045] 举例而言,如图5所示,海上风力发电机组100包括k个海上风力发电机5-1~5-k,且每个目标交流海缆承载一个海上风力发电机。

[0046] 进一步地,可以设定每个海上风力发电机5的出口电压一致,即每个海上风力发电机5的出口电压均为目标出口电压,且目标交流海缆的交流电压与目标出口电压一致。

[0047] 优选地,本申请中,将目标出口电压设定为66kV。此种情况下,每个海上风力发电机5的出口电压均为66kV,且目标交流海缆为66kV交流汇聚海缆。

[0048] 进一步地,由于海上换流站200的网侧变压器对应的网侧电压需要与目标出口电压一致,此种情况下,可以设定海上换流站200的网侧变压器对应的网侧电压为66kV。

[0049] 在一些实施例中,海上换流站200,包括:海上换流站交流场6。

[0050] 其中,海上换流站交流场6的交流场电压与目标出口电压一致,即66kV。

[0051] 需要说明的是,本申请中对于海上换流站交流场6的主接线方式不作限定,可以根据实际情况进行选取。例如,可以选取单母线连接方式或者双母线连接方式等。

[0052] 其中,单母线接线方式,指的是所有电源进线和引出线都连接于同一组母线上的

接线方式。此种情况下,单母线接线适于出线回路少的小型变配电所,一般供三级负荷,两路电源进线的单母线可供二级负荷,也是投资最省,最简单的接线方式。

[0053] 其中,双母线接线方式,指的是采用每个回路经断路器和两组隔离开关分别接到两组母线上的接线方式。此种情况下,所有出线既可以运行在一段母线,又可以运行在二段母线,这样母线停电时可以不间断出线的供电。

[0054] 需要说明的是,本申请中对于海上换流站交流场6的主接线的双母线接线方式的具体选型不作限定,可以根据实际情况进行选取。例如,可以选取双母线三分段式接线方式或者双母线四分段式接线方式等。

[0055] 本申请中,为了在确保输电系统的可靠性的同时,进一步降低成本,本申请中,海上换流站交流场6的主接线方式采用双母线四分段式接线方式。

[0056] 其中,双母线四分段式接线方式,如图6所示。

[0057] 进一步地,本申请中,海上换流平台交流场6使用GIS形式,且由于电压等级较低,往往导致传输容量较大时稳态电流很大。由此,GIS内部需要较大母线导体截面以保证通流能力,因此,可以设定海上换流站交流场6的主接线方式中的每个母线均采用多母线并联的GIS(Geographic Information System)形式。

[0058] 其中,GIS,即气体绝缘全封闭配电装置,它将一座变电站中除变压器以外的一次设备,包括断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线、电缆终端、进出线套管等,经优化设计有机地组合成一个整体。

[0059] 下面以采用66kV与220kV的两级升压的输电系统为例进行解释说明。

[0060] 相关技术中的输电系统如图7所示,海上风力发电机组包括多个海上风力发电机,且海上风力发电机通过35kV交流汇集海缆与220kV/35kV的交流升压站连接,且N个交流升压站还配备有对应的平台(图中未示出),以及多条进行连接的220kV交流海缆,海上换流站通过直流输电海缆与陆上换流站连接。

[0061] 特别地,由于输电系统的高可靠性要求,通过需要铺设双回220kV海缆,导致输电系统的整体造价十分昂贵。

[0062] 本申请提出的输电系统如图8所示,将每个海上风力发电机5的出口电压从35kV调整为66kV,取消海上交流升压站,并通过设置目标回数的66kV交流汇集海缆(交流海缆)直接接入海上换流平台200的66kV海上换流站交流场6。

[0063] 进一步地,海上换流平台200网侧变压器对应的网侧电压等级也从220kV调整为66kV。

[0064] 进一步地,考虑到输电系统1000的运行灵活性、可靠性及经济性,可以设定海上换流站交流场6的主接线方式采用双母线四分段式接线方式。

[0065] 进一步地,海上换流平台交流场6使用GIS形式,由于电压等级较低,因此传输容量较大时稳态电流很大,GIS内部需要很大母线导体截面以保证通流能力,因此此处的66kV交流GIS需要采用多母线并联的特殊设计。

[0066] 综上所述,本申请提出的大容量海上柔性直流输电系统1000,通过将其中一级(即海上)的电压提升至66kV,并直接接入海上换流平台,使得在确保输电系统可靠性的同时,节省了多个海上交流升压平台的建造成本及运维成本。进一步地,降低了所需要使用的海缆总量,进而降低了海缆的建造成本及运维成本,提高了输电系统的经济性。

[0067] 应该理解,可以使用上面所示的各种形式的流程,重新排序、增加或删除步骤。例如,本发申请中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行,只要能够实现本申请公开的技术方案所期望的结果,本文在此不进行限制。

[0068] 上述具体实施方式,并不构成对本申请保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是,根据设计要求和因素,可以进行各种修改、组合、子组合和替代。任何在本申请开精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等,均应包含在本申请保护范围之内。



图1

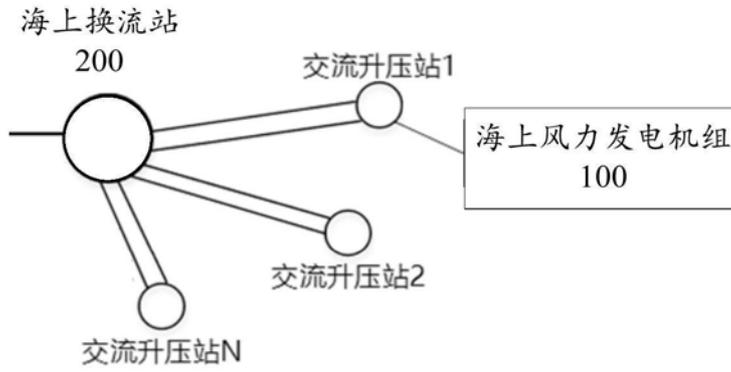


图2

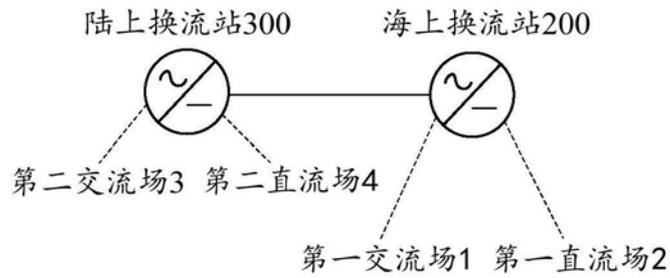


图3



图4

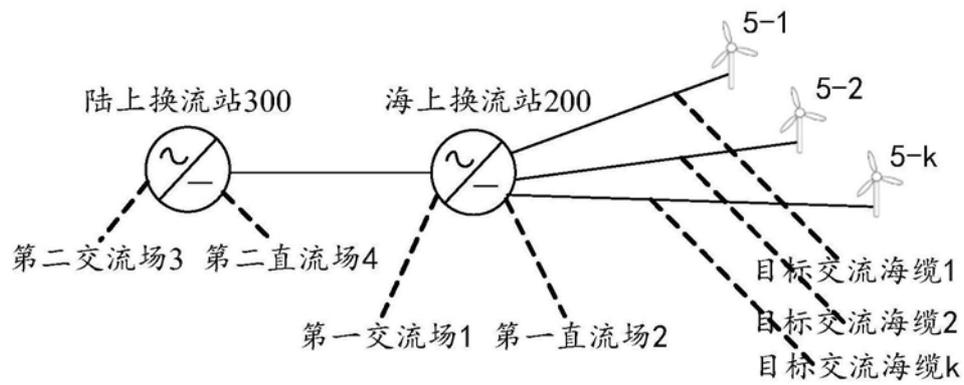


图5

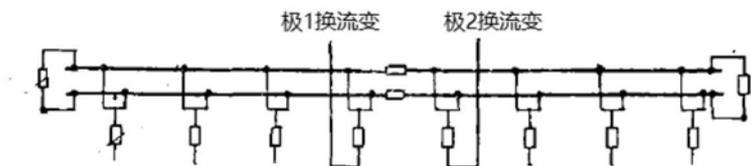


图6

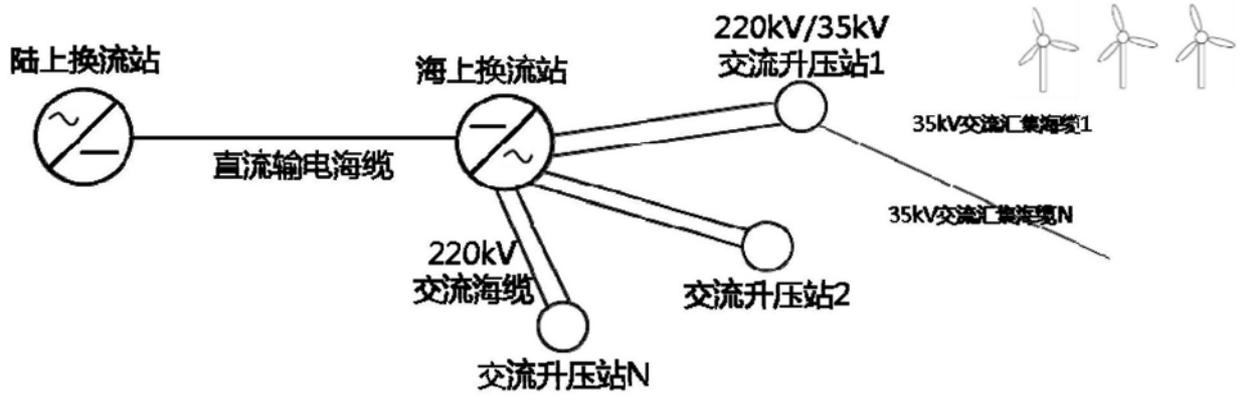


图7

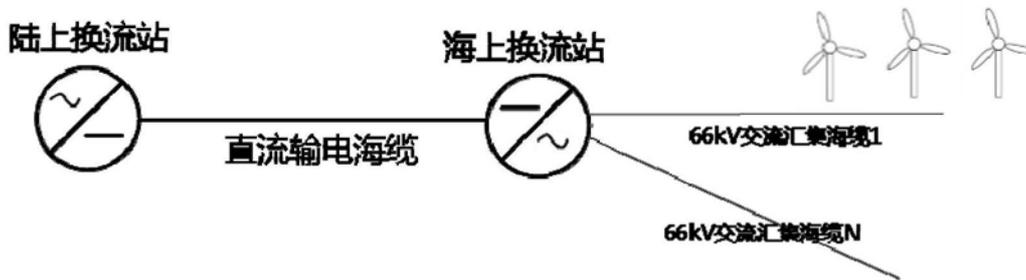


图8